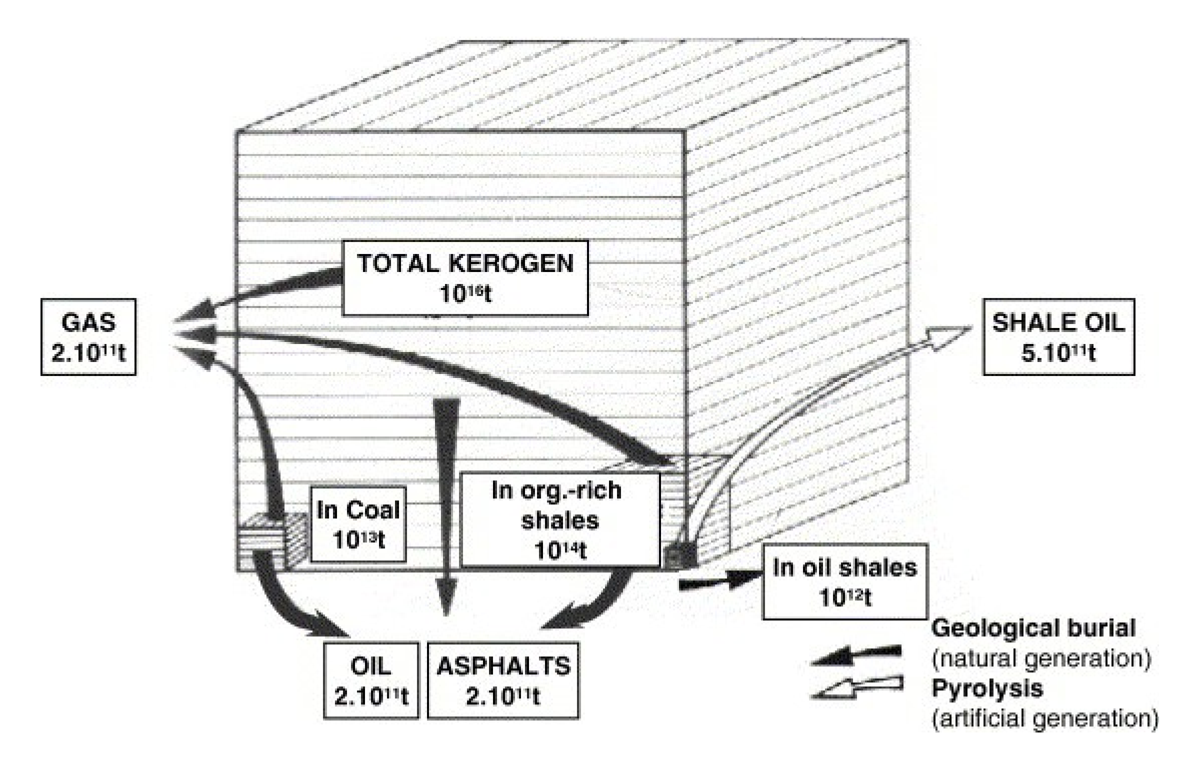
Martes, 14 de abril 2015

Los límites a la quema de carbono: un cálculo grosero, en órdenes de magnitud.

http://cassandralegacy.blogspot.com.es/2015/04/the-ultimate-limits-to-carbon-burning.html

Publicado por Ugo Bardi



La cantidad total de carbono fósil en la Tierra, según Vanderbroucke y Largeau (1)

Durante los últimos años, el desarrollo del "gas de esquisto" y "petróleo de pizarra" en los EE.UU., ha generado una ola de optimismo que se extendió ampliamente en los medios de comunicación. Era habitual oír hablar de "un siglo de abundancia" o incluso de "varios siglos" gracias a estas nuevas fuentes. Sin embargo, con el reciente colapso del mercado del petróleo, estas afirmaciones parecen haberse esfumado, como los avistamientos del monstruo del Lago Ness. Pero podemos hacernos una pregunta: ¿cual es exactamente el límite de lo que podemos quemar? ¿Podríamos seguir quemando carbono fósil durante siglos? O, ¿incluso milenios?

Vamos a intentar hacer un cálculo, al menos en términos de órdenes de magnitud. La primera pregunta es cuánto carbono fósil tenemos en este planeta. Se ha dicho que alrededor de $1,5x10^{16}$ t (toneladas métricas), principalmente en forma de kerógeno, un producto de la descomposición de la materia orgánica, que es un precursor de la formación de los combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón) (2).

Eso parece una gran cantidad de carbono, sobre todo si se compara con la cantidad que estamos quemando en la actualidad, según datos del CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) Según este informe, en 2013 $9.2x10^9$ toneladas de carbono se transformaron en CO_2 como resultado de la quema de combustibles fósiles (gas + petróleo + carbón). Un cálculo grosero estima que, a este ritmo, **podríamos seguir quemando carbono fósil durante más de un millón de años** antes de que se acabase el carbono fósil.

Pero, obviamente, eso no es posible. Simplemente, no hay suficiente oxígeno en la atmósfera como para quemar todo el carbono fósil existente. La cantidad total de oxígeno molecular en la atmósfera se estima en unas $1.2x10^{15}$ toneladas o $3.7x10^{19}$ moles de O_2 (un "mol" es una unidad que se utiliza en química para comparar la cantidad de reactivos en las reacciones químicas). Un mol de oxígeno molecular reacciona con exactamente un mol de carbono para formar un mol dióxido de carbono. Como

$1,5x10^{16}$ t de carbono corresponden a $1.25x10^{21}$ moles, no podemos quemar más de aproximadamente el 1% del carbono fósil existente. En lugar de un millón de años, **estamos hablando de unos 10.000 años**.

Pero la quema de ese 1% de carbono significaría utilizar todo el oxígeno de la atmósfera y sería malo para nosotros, no importa lo mucho que necesitemos combustibles fósiles. En la práctica, no se puede usar más que un pequeño porcentaje del oxígeno atmosférico; de lo contrario el efecto sobre toda la ecosfera y la salud humana sería desastroso. Podemos conjeturar que usar el 5% del oxígeno atmosférico para quemar carbono ya es mucho, aunque no podemos asegurarlo. Esto significa que sólo **podremos seguir quemando carbono fósil durante 500 años**, más o menos, antes de empezar a notar los síntomas de asfixia. Pero la historia no termina aquí.

Hasta ahora, hemos estado razonando en términos de la cantidad total de carbono fósil como si fuera posible quemarlo todo, pero ¿es posible? El kerógeno, principal componente de este carbono, puede combinarse con el oxígeno para producir calor (3) pero difícilmente se puede considerar como un combustible, porque sería muy caro para extraer y el rendimiento energético neto sería modesto o incluso negativo. En 1997, Rogner (4) llevó a cabo un amplio estudio de los recursos de carbono potencialmente utilizables como combustible. En la página 149 de este enlace, podemos encontrar una estimación global de $9.8x10^{11}$ toneladas de carbono como "reservas" y hasta $5.5x10^{12}$ t de "recursos", no explotables económicamente a los precios actuales. Se incluyen "otras posibilidades adicionales" en cantidad de $1,5x10^{13}$ toneladas de carbono, pero esa es una estimación bastante salvaje. Si nos limitamos a las reservas probadas, vemos que al ritmo actual de alrededor de $1x10^{10}$ t / año **tendríamos alrededor de un siglo para ir quemando carbono**.

Aún no hemos terminado. Ahora tenemos que considerar la cantidad de carbono que podemos combinar con el oxígeno antes de que el aumento del efecto invernadero provocado por el dióxido de carbono resultante produzca cambios irreversibles en el clima de la Tierra. El "punto de inflexión" de la catástrofe climática a menudo se estima como la correspondiente a un aumento de temperatura de 2 °C y si no queremos superarlo, no deberíamos liberar más de unas de 10^{12} t de CO_2 en la atmósfera. Eso corresponde a $3.7x10^{11}$ t de carbono (5). Esta cantidad es aproximadamente un tercio de la estimación global de las reservas de Rogner. Por tanto, no tenemos un siglo, sino sólo tres o cuatro décadas (y tenga en cuenta que la estimación de lo que podemos quemar y evitar la catástrofe puede haber sido optimista. Véase aquí una estimación más detallada que tiene en cuenta los diferentes tipos de combustibles).

Considerar los recursos de carbono como soldados alineados para la batalla puede ser muy engañoso. No todo el carbono que existe en la corteza terrestre puede extraerse y quemarse. No nos podemos permitir el lujo de extraer y quemar lo máximo posible sin arruinar la atmósfera. Teniendo en cuenta los diversos factores que intervienen, bajamos la oferta de más de un millón de años a sólo unas décadas.

Pero, por supuesto, calcular el número de años restantes utilizando tasas de producción constantes también es engañosa. En la práctica, las tasas de producción de combustible nunca han sido una constante en la historia; más bien, la producción tiende a seguir una curva de "forma de campana" que alcanza el máximo y luego disminuye. Hoy en día, podemos estar cerca de la cumbre (Véase, por ejemplo aquí). ¿El declive inminente podría salvarnos de un catastrófico cambio climático? De hecho, hay demasiados factores de incertidumbre en estas estimaciones. Lo único que podemos decir es que no nos esperan siglos de abundancia sino una caída que podría incluso ser muy rápida, teniendo en cuenta la posibilidad de un "colapso Séneca."

En pocas palabras, la era de los combustibles fósiles está llegando a su fin. Hay que tomar nota de ello, rectificar y, si es posible, dirigirse hacia otros sitios.

REFERENCIAS.

(1) M. Vandenbroucke, C. Largeau, Kerogen origin, evolution and structure, Organic Geochemistry, Volume 38, Issue 5, May 2007, Pages 719-833, ISSN 0146-6380, http://dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2007.01.001.

(2) Falkowski, P., R.J. Scholes, E. Boyle, J. Canadell, D. Canfield, J. Elser, N. Gruber, et al. 2000. "The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System." Science 290 (5490) (October 13): 291–296. doi:10.1126/science.290.5490.291 . http://www.sciencemag.org/content/290/5490/291.abstract.

(3) Muehlbauer, Michael J., and Alan K. Burnham. 1984. "Heat of Combustion of Green River Oil Shale." Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development 23 (2) (April): 234–236. doi:10.1021/i200025a007. http://dx.doi.org/10.1021/i200025a007.

(4) Rogner, H-H. 1997. "AN ASSESSMENT OF WORLD HYDROCARBON RESOURCES." Annual Review of Energy and the Environment 22 (1) (November 28): 217–262. doi:10.1146/annurev.energy.22.1.217. http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.22.1.217?journalCode=energy.2.

(5) IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (Cambridge University Press, 2014).